

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-008217

(43)Date of publication of application : 11.01.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/60

G11B 21/21

(21)Application number : 2000-186765

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 21.06.2000

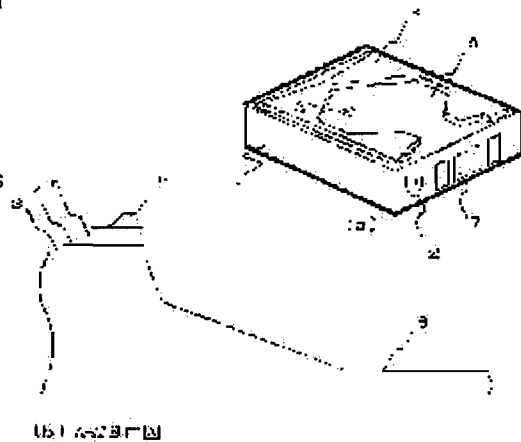
(72)Inventor : MORI YUKIO
SASAKI GAKUO

(54) HEAD SLIDER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a head slider having a narrow gap between a magnetic recording medium and the head slider and capable of dealing with a super high density magnetic storage device by incorporating a protective film excellent in sliding resistance, wear resistance, corrosion resistance, withstand voltage characteristic and adhesion power even if the protective film has a super thin film thickness of ≤ 5 nm, into the slider.

SOLUTION: The head slider, which has a hybrid carbon coated film structure in which a highly pure and highly hard carbon film is deposited on a surface opposing a medium and an amorphous carbon film containing hydrogen is further provided for stably maintaining adhesion power between the highly pure and highly hard carbon film and a slider substrate or a buffer layer, is used.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-8217

(P2002-8217A)

(43) 公開日 平成14年1月11日 (2002.1.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 1 1 B 5/60		G 1 1 B 5/60	B 5 D 0 4 2
21/21	1 0 1	21/21	1 0 1 K

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-186765 (P2000-186765)

(22) 出願日 平成12年6月21日 (2000.6.21)

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 森 幸男

栃木県真岡市松山町18番地 株式会社電子
テック内

(72) 発明者 佐々木 岳夫

栃木県真岡市松山町18番地 株式会社電子
テック内

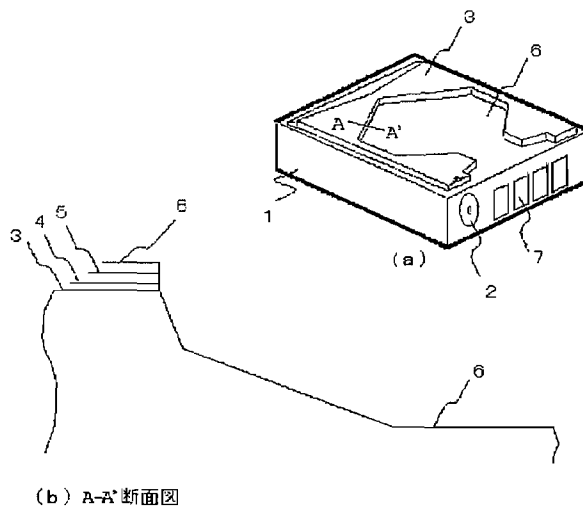
Fターム(参考) 5D042 NA02 PA01 PA05 SA02 SA03

(54) 【発明の名称】 ヘッドスライダー

(57) 【要約】

【課題】 5 nm以下の極薄膜厚においても耐摺動性・耐磨耗性・耐食性・耐電圧特性・密着力に優れた保護膜を有することで、磁気記録媒体とのギャップを狭くし、超高密度磁気記憶装置に対応できるヘッドスライダーを提供する。

【解決手段】 媒体に対向する表面に高純度・高硬度炭素膜を有し、且つスライダー基板あるいはバッファ層との密着力を安定保持するために、水素を含有する非晶質炭素膜を更に設けるハイブリッド炭素被膜構造を有するヘッドスライダーを用いる。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも基板の空気浮上面上に保護膜を有するヘッドスライダーであって、前記基板は酸化物もしくはシリコンカーバイドで構成され、前記保護膜は摺動性を向上させるために、媒体に対向する表面にSP3結合を70%以上有する炭素純度95atm%以上の高硬質非晶質炭素被膜を有し、前記高硬質非晶質炭素被膜と前記基板あるいはバッファ層を被覆した前記基板との間に5~50atm%の水素を含有する水素添加非晶質炭素膜を設けることを特徴とするヘッドスライダー。

【請求項2】 少なくとも基板の媒体対向面側に保護膜を被覆した突起を有するヘッドスライダーであって、前記基板は酸化物もしくはシリコンカーバイドで構成され、前記保護膜は摺動性を向上させるために、媒体に対向する表面にSP3結合を70%以上有する炭素純度95atm%以上の高硬質非晶質炭素被膜を有し、前記高硬質非晶質炭素被膜と前記基板あるいはバッファ層を被覆した前記基板との間に5~50atm%の水素を含有する水素添加非晶質炭素膜を設けることを特徴とするヘッドスライダー。

【請求項3】 前記高硬質非晶質炭素被膜は、厚さ1nm以上20nm以下であることを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載のヘッドスライダー。

【請求項4】 前記水素添加非晶質炭素膜に含まれる水素の含有量は膜を構成する全元素に対して20atm%以上40atm%以下であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載のヘッドスライダー。

【請求項5】 前記高硬質非晶質炭素被膜は、膜を構成する全元素に対して炭素の含有量が99atm%以上であり、膜密度が 2.3 g/cm^3 以上且つ 3.7 g/cm^3 以下であり、荷重加振による連続剛性測定で硬度が35GPa以上且つ60GPa以下であり、ヤング率が250GPa以上且つ350GPa以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気ヘッドスライダー。

【請求項6】 前記ヘッドスライダーは、フロッピー（登録商標）ディスク用ヘッド、グライドヘッド、光磁気ヘッド、磁気抵抗効果型磁気ヘッド、光ヘッドの内い
40
づれかに用いられることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載のヘッドスライダー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は高密度記憶装置におけるヘッドスライダーに関し、特に磁気記録媒体の記録あるいは再生に用いるヘッドスライダーに係る。

【0002】

【従来の技術】 磁気ヘッドは磁気記録装置において磁気記録媒体への信号の書き込み、あるいは書き込まれた信
50

2

号の再生をするためのもので、アルミナと炭化チタンからなるセラミックス等の非磁性スライダーに記録と再生のための素子を搭載しており、現在は高密度記録に対応するために巨大磁気抵抗効果（GMR）素子を利用したGMRヘッドなどが用いられている。

【0003】 HDD（ハードディスクドライブ）では、磁気ヘッドと磁気記録媒体は装置停止中に接触し、記録・再生時には磁気記録媒体が高速回転し、磁気ヘッドは磁気記録媒体に対して一定の間隔で浮上するという、コンタクト・スタート・ストップ（CSS）動作が繰り返されるCSS方式をとるものと、装置停止中は磁気記録媒体に対して非接触を保持したまま待機するロード・アンロード方式をとるものと大きく分類される。CSS方式を採用するHDDでは、磁気記録媒体はCSS動作の開始時及び停止時において、磁気記録媒体との間隔を一定に保持するためにスライダーに形成された空気浮上面（ABS）と接触・摺動する。ロード・アンロード方式を採用する場合においても、磁気ヘッドが浮上中に何らかの原因によって磁気記録媒体に接触する場合もある。このように磁気ヘッドは頻繁に記録媒体と接触・摺動し、磨耗・損傷が発生するため、その空気浮上面には厚さ数nmの保護膜が形成されている。

【0004】 空気浮上面に形成する保護膜は少なからず数10%の水素を含有したアモルファス炭素被膜を使用し、数1nm程度の膜厚を設けている、この水素を添加したアモルファス炭素被膜は耐磨耗性、潤滑性に優れることが知られている。また、スライダー材料であるアルミナチタンカーバイド（ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ）とアモルファス炭素との密着力が小さいために、両者の間にバッファ層としてアモルファスシリコン（a-Si）層あるいはアモルファスシリコンカーバイド（a-SiC）層を少なからず設けている。あるいは水素添加アモルファス炭素中に数%のSiを添加し界面の密着力を補足している場合もある。

【0005】 磁気記録装置における記録密度の向上の為には、記録・再生時の磁気ヘッドと磁気記録媒体間の距離の低減は必須の技術であり、例えば将来は20nm以下の浮上量が要求されている。同様の理由で磁気ヘッド保護膜の膜厚に対しても更に薄膜化が要求されてきており、その膜厚としては5nm以下、望ましくは3nm以下が要求されている。

【0006】

【発明の解決しようとする課題】 しかしながら、5nm以下の膜厚になると、本来磁気記録媒体を保護するための炭素系膜及びバッファ層はきわめて薄くなり、耐磨耗性・耐食性・耐電圧特性が失われる。炭素系膜の厚さを維持するため、バッファ層の厚さを減らすことあるいはバッファ層を無くすことを行くと、保護膜とスライダーとの密着力が低下し、外力によって剥離しやすくなる。また、炭素系膜の硬度と膜内応力歪は相関があり、膜厚

(3)

3

が薄くなった分炭素膜を高硬度にするとスライダ基板あるいはバッファ層との応力差が大きくなりすぎて界面密着力をかえって低下させる。そのため従来技術による磁気ヘッドでは保護膜の薄膜化は困難であり、高密度磁気記録に要求される磁気記録媒体との狭ギャップ化を行うことが困難である。

【0007】そこで、本発明の目的は、5 nm以下の極薄膜厚においても耐摺動性・耐摩耗性・耐食性・耐電圧特性・密着力に優れた保護膜を有することで、磁気記録媒体とのギャップを狭くし、超高密度磁気記憶装置に対応できるヘッドスライダを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、高硬質非晶質炭素膜を有する保護膜を設けるヘッドスライダであって、最表面に高純度・高硬度炭素膜を有し、且つスライダ基板あるいはバッファ層との密着力を安定保持するために、水素を含有する非晶質炭素膜を更に設けるハイブリッド炭素被膜構造を用いることを特徴としている。

【0009】さらに詳しくいうと、本発明のヘッドスライダは、少なくとも基板の空気浮上面上に保護膜を有するヘッドスライダであって、前記基板は酸化物もしくはシリコンカーバイドで構成され、前記保護膜は摺動性を向上させるために、媒体に対向する表面にSP3結合を70%以上有する炭素純度95 at%以上の高硬質非晶質炭素被膜を有し、前記の高硬質非晶質炭素被膜と前記基板あるいはバッファ層を被覆した前記基板との間に5～50 at%の水素を含有する水素添加非晶質炭素膜を設けることを特徴とする。

【0010】また、本発明の他のヘッドスライダは、少なくとも基板の媒体対向面側に保護膜を被覆した突起を有するヘッドスライダであって、前記基板は酸化物もしくはシリコンカーバイドで構成され、前記保護膜は摺動性を向上させるために、媒体に対向する表面にSP3結合を70%以上有する炭素純度95 at%以上の高硬質非晶質炭素被膜を有し、前記高硬質非晶質炭素被膜と前記基板あるいはバッファ層を被覆した前記基板との間に5～50 at%の水素を含有する水素添加非晶質炭素膜を設けることを特徴とする。保護膜は少なくとも突起の上面に設ける。上面は媒体と対向あるいは摺動する。突起の側面や底面にまで保護膜を被覆してもよい。

【0011】上記保護膜は、さらに高硬度、高耐摩耗性、低摩擦、平滑性に優れるなどの利点を有する。水素添加非晶質炭素膜を設けることにより、前記高硬質非晶質炭素被膜と前記基板あるいはバッファ層を被覆した前記基板との応力差による界面密着力の低下を抑制し、かつ高硬質非晶質炭素被膜を安定させることができる。

【0012】ここで、上記の高硬質非晶質炭素被膜は、SP3結合比が70%以上であり、且つ炭素純度95 at%以上である。さらに望ましくは炭素純度を99 at%

4

at%以上にする。また、SP3結合比が70%以上90%以下とすると良い。高硬質非晶質炭素被膜のSP3結合比が70%以上になると、ダイヤモンド構造に近くなり、膜の硬度が向上して耐摺動性や耐摩耗性が向上する。膜中の炭素純度が全元素に対して99 at%以上になると、空気に触れる膜の表面において腐食性を誘発する不純物元素が皆無に近くなるため、耐食性が向上する。

【0013】炭素純度を99 at%以上とした高純度高硬質炭素膜を、従来技術と同様にシリコン等のバッファ層上に設けたとしても膜内応力が大き過ぎるためにシリコンバッファ層による応力緩和が作用する範囲を超え、ヘッドスライダとの界面の密着力を逆に低下させる。そこで水素を含ませて膜内部応力を緩和した非晶質炭素膜層をバッファ層と最表面の高純度高硬質非晶質炭素被膜の間に設けた非晶質炭素膜のハイブリッド構造をとることによって付着力の損失を回避できる。

【0014】応力緩和を目的とする水素添加非晶質炭素膜に含まれる水素の含有量は、膜を構成する全元素に対して20 at%以上40 at%以下であることが望ましい。水素ラジカルがイオンブレーティング時に適度な拡散を促し、シリコン層との密着性を増加させる。即ち、水素と置換してシリコンは炭素原子と化学結合し、炭素原子のネットワークに取りこまれる。水素添加非晶質炭素膜と高純度高硬質炭素膜の界面はC-C結合が形成されるので付着力の損失はない。ここで、水素ラジカルとは活性化されることにより水素分子の結合が切れたものを指す。ラジカルは遊離基とも言う。

【0015】高純度高硬質膜とは、炭素純度が水素前方散乱とラザフォード後方散乱により、炭素原子の混合比が膜の全元素に対して99 at%以上であり、膜密度が 2.3 g/cm^3 以上かつ 3.7 g/cm^3 以下であり、荷重加振による連続剛性測定で硬度が35 GPa以上かつ60 GPa以下、ヤング率が250 GPa以上かつ350 GPa以下が確認されたものをいう。

【0016】SP3比は、ラマン分光によって測定する。ピーク値あるいは一般式による強度について、比較例と本発明の高純度硬質膜を比べて、その比を%で表したものをSP3比とする。比較例には、SP3のみの炭素膜あるいはSP2のみの炭素膜を用いた。

【0017】ここで、ヘッドスライダと媒体間の距離が狭くされる際に（狭ギャップ化）、耐摺動性が得られるように、高硬質非晶質炭素からなる被膜は、厚さ1 nm以上520 nm以下とする。さらに望ましくは5 nm以下とする。

【0018】また、上記本発明のヘッドスライダは、フロッピーディスク用ヘッド、グライドヘッド、光磁気ヘッド、磁気抵抗効果型磁気ヘッド、光ヘッドの内いずれかに用いることができる。

【0019】本発明による磁気ヘッドはこのようにスラ

(4)

5

イダーとの密着力が強く、媒体と対向する表面に高硬度で高純度の非晶質炭素膜で構成する保護膜を有するので、極薄化しても耐食性・耐摺動性・耐電圧が充分に得られ、磁気記録媒体とのギャップを小さくすることが可能である。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について、ヘッドスライダーの斜視図である図1を用いて説明する。同図の(a)はスライダーの外観を示す斜視図である。

(b)はこのスライダーの空気浮上面に保護膜を積層した後にA-A'で断面を見た一部断面図である。スライダー1は、 Al_2O_3-TiC 焼結体を基板とし、基板のひとつの面に空気浮上面3とキャビティーステップ6を有し、その端面に検出素子1と検出素子に通じる複数の電極7を有する。スライダー1の空気浮上面3上には、厚さ1~5nmのSi層4と、厚さ1~20nmの水素添加アモルファス炭素層5と、厚さ1~20nmの高硬質アモルファス炭素被膜8を順に積層した。Si層4はスパッタリング法で形成した。水素添加アモルファス炭素膜5は一般的なプラズマCVD法または高周波スパッタリング法で形成した。高硬質アモルファス炭素膜8はイオンビームCVD法あるいはカソードィックアーク法で形成した。比較例として、空気浮上面に水素添加アモルファス炭素皮膜を5'を設けた従来のヘッドスライダーを図2に示す。

【0021】高硬質アモルファス炭素被膜8あるいは水素添加アモルファス炭素膜5の膜厚は、それらを平面基板上に成膜して、原子間力顕微鏡による段差測定あるいはエリブソメトリー法を利用した光学屈折率測定から確認できた。平面基板には単結晶Siを用いたが、 Al_2O_3-TiC あるいはガラス材等を用いることもできる。成膜の条件は保護膜の形成と同様とした。膜厚は、膜の形成時間によって制御した。また、膜形成中のイオンエネルギーと各界面の拡散の状態が炭素膜中の水素含有量によって制御されることが、オージェ電子分光法から確認された。

【0022】高硬質アモルファス炭素被膜と水素添加アモルファス炭素膜からなる保護膜の耐磨耗性及び潤滑性の変化を、密着力測定及びコンタクトスタートストップ(CSS)サイクルを繰り返しながら動摩擦係数 μ を測定するCSS試験法によって評価した。ここでは、CSS試験には、3.5インチの磁気記録媒体を用い、磁気記録媒体にかかる磁気ヘッドの接触荷重を2.9g、磁気記録媒体の回転数を毎分7200回転とした。

【0023】図3に、37atm%の水素を含んだ、厚さ5nmのアモルファス炭素被膜を空気浮上面の保護膜とした時の、CSSサイクルによる磁気ヘッドと磁気記録媒体間の摩擦係数の変化を示す。初めから2500回までに摩擦係数は一旦上昇したあと下降し、その後徐々に摩擦係数は増加してCSS回数2万回後には摩擦係数

6

が試験開始時の2倍になっている。

【0024】図4に、炭素純度が99.9atm%、厚さ1nmの高硬質アモルファス炭素被膜を最表面とし、その下層に、40atm%の水素を含んだ、厚さ2nmの水素添加アモルファス炭素膜を磁気ヘッドの空気浮上面の保護膜とした時の、CSSサイクルによる磁気ヘッドと磁気記録媒体間の摩擦係数の変化を示す。CSS2万回後の摩擦係数は試験開始時から同程度のままである。摩擦係数の変化から膜の耐摺動特性が判断でき、高硬質非晶質炭素膜がCSS2万回後の摩擦係数が従来技術に比較して1/2であることから耐摺動性が2倍程度優れていることが判る。なお、図3及び図4は、横軸をCSS回数とし、縦軸を摩擦係数とした。磁気ヘッドから磁気記録媒体にかかる荷重は同じであるため、摩擦力で摩擦係数を表しても差し支えない。

【0025】図5に、従来技術で37atm%の水素を含んだアモルファス炭素膜を保護膜とした時の磁気ヘッドと、炭素純度99.9atm%の高硬質アモルファス炭素被膜を保護膜の最表面とした時の磁気ヘッドについて、膜厚さとシールド・素子金属部分の面粗さを変えた時の、酸試験による素子金属部分の耐食試験結果を表している。ここで、シールドと素子金属部分は検出素子2を構成する部材であって、空気浮上面に露出して保護膜で被覆されるものである。従来技術では、厚さ5nmの保護膜で、 $R_{max}15nm$ の面粗さからシールド・素子金属部分の腐食が発生することが確認された。面粗さが大きくなると段差部での被覆性を悪化させる。即ち、微少領域での膜厚の均一性が悪くなり、水分・酸・アルカリなどによる腐食性物質の耐透過性を悪化させる為に腐食が起きやすくなる。本技術で成膜された高硬度アモルファス炭素被膜は、高純度及び高密度の為に欠陥やピンホールが従来技術と比べ約1/2以下に抑えられていることが、水素前方散乱及びラザフォード後方散乱によって確認された。即ち腐食物質の耐透過性が従来技術と比べて2倍以上になったと判断される。図5において、本技術による厚さ5nmの保護膜では、 $R_{max}30nm$ の面粗さ迄、腐食が発生しないことが確認された。

【0026】図6に、従来技術で37atm%の水素を含んだアモルファス炭素膜を保護膜とした時の磁気ヘッドと、炭素純度99.9atm%の高硬質アモルファス炭素被膜を保護膜とした時の本発明の磁気ヘッドについて、走査型スクラッチ試験による密着力測定試験結果を表形式で表した。試料No. 1~5は比較例であり、試料No. 6と7は従来例であり、試料No. 8及び9は本実施例である。従来技術と比較すると高硬質アモルファス炭素膜を被膜した場合(比較例)は、却って密着力が2/3程度低下することが確認された。高硬質アモルファス炭素膜では内部応力が極めて高い為にスライダ基板との応力歪が従来技術と比べて大きくなり且つSi原子の拡散が少ない為に密着力が低下する。そこで本技

(5)

7

術ではこの問題を解決する為に、水素添加アモルファス炭素膜を高硬質アモルファス炭素被膜とバッファ層との間に設けた非晶質膜のハイブリッド構造（本実施例）をとることを提案している。図6によって、炭素純度99.9atm%の高硬質アモルファス炭素被膜と水素添加40%のアモルファス炭素膜からなる保護膜を有する磁気ヘッドの密着力測定結果を表している。従来技術と比較して同等以上の密着力が得られることが確認された。

【0027】以上から、磁気ヘッドの保護膜とした場合の高硬質非晶質炭素被膜は炭素純度99.9atm%以上を有し、且つ前記高硬質非晶質炭素被膜と基板あるいはバッファ層との間に設ける非晶質炭素膜の水素含有量は5atm%以上50atm%以下が望ましい。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によるヘッドスライダは、膜厚を薄くしても従来技術以上に優れた耐摺動特性・耐腐食性が得られる保護膜を有する。よって保護膜を薄くしても充分な信頼性が確保できると共に、磁気記録媒体との間を狭ギャップ化して磁気特性を改善させることに多大な効果があることを見出したものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による磁気ヘッドの斜視図とその保護膜の断面図である。

【図2】従来技術による磁気ヘッドの斜視図とその保護膜の断面図である。

【図3】37atm%の水素を含んだ、厚さ5nmのアモルファス炭素膜をABS面の保護膜とした時の、CS

8

Sサイクルによる磁気ヘッドと磁気記録媒体間の摩擦係数の変化を示すグラフである。

【図4】炭素純度が99.9atm%、厚さ1nmの高硬質非晶質炭素被膜を表面とし、その下層に40atm%の水素を含んだ厚さ2nmの水素添加非晶質炭素膜を設けて磁気ヘッドの空気浮上面の保護膜とした時の、CSSサイクルによる磁気ヘッドと磁気記録媒体間の摩擦係数の変化を示すグラフである。

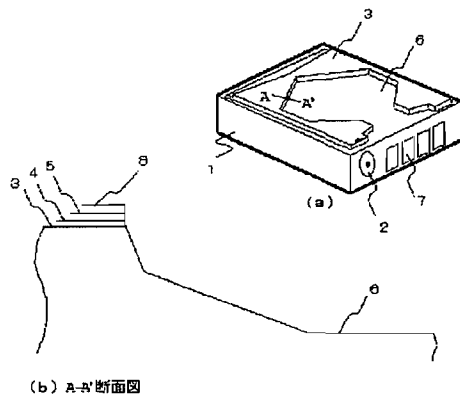
【図5】従来技術で37atm%の水素を含んだアモルファス炭素膜を保護膜とした時の磁気ヘッドと、炭素純度99.9atm%の高硬質非晶質炭素被膜を表面の保護膜とした時の磁気ヘッドの各々について、膜厚さとシールド・素子金属部分の面粗さを変えた時の、酸試験による素子金属部分の耐食試験結果を表しているグラフである。

【図6】従来技術で37atm%の水素を含んだアモルファス炭素膜を保護膜とした時の磁気ヘッドと、炭素純度99.9atm%の高硬質非晶質炭素被膜を保護膜とした時の磁気ヘッドの、炭素純度99.9atm%の高硬質非晶質炭素膜と水素添加40%の非晶質炭素膜からなる保護膜を有する磁気ヘッドの各々について、走査型スクラッチ試験による密着力測定試験結果を示す表である。

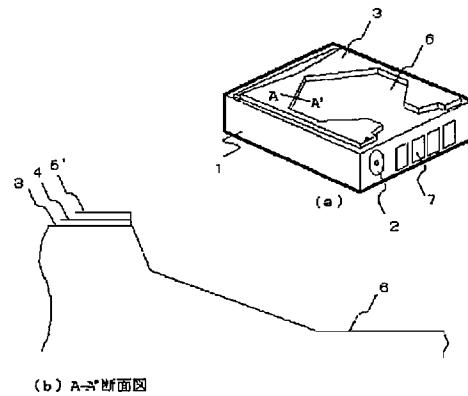
【符号の説明】

1 スライダ、2 検出素子、3 空気浮上面、4 Si層、5 水素添加アモルファス炭素層、5' 水素添加アモルファス炭素被膜、6 キャビティーステップ、7 電極、8 高硬質アモルファス炭素被膜

【図1】

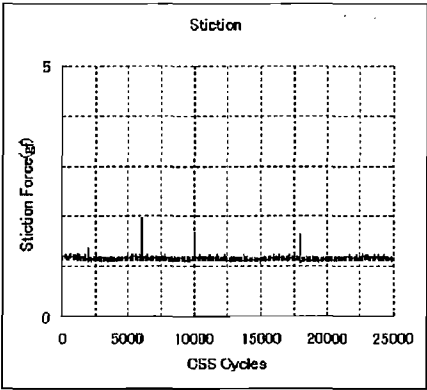


【図2】

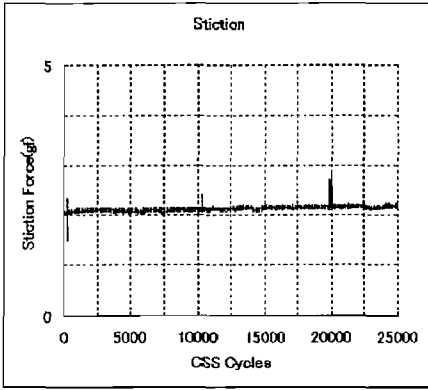


(6)

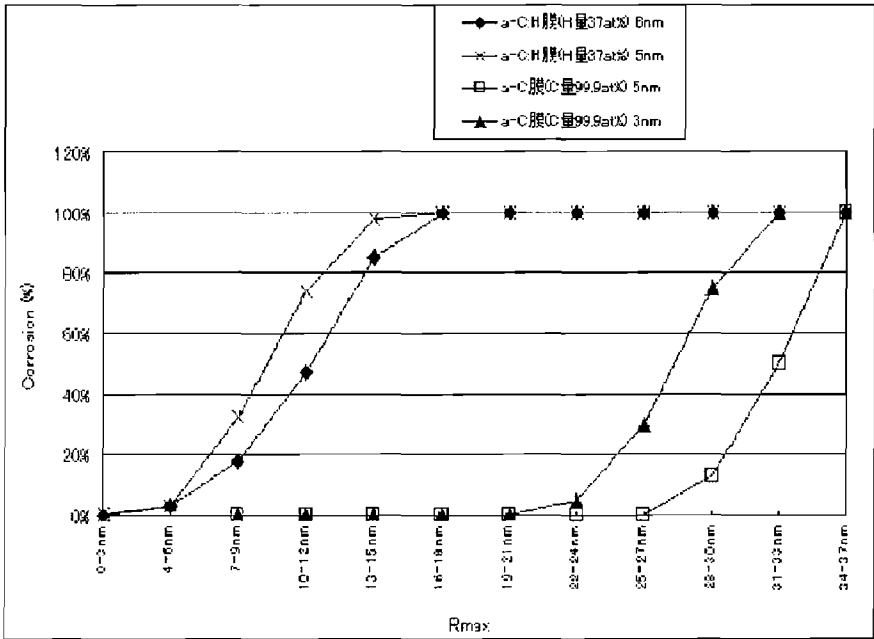
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

試料No.	膜構成								密着力 (mN)
	保護膜層1				保護膜層2				
	水素含有 量 (at%)	膜厚 (nm)	内部応力 (GPa)	膜硬度 (GPa)	水素含有 量 (at%)	膜厚 (nm)	内部応力 (GPa)	膜硬度 (GPa)	
1	33.0%	5	2.8	24	—	—	—	—	4.11
2	35.0%	5	3.2	21	—	—	—	—	4.09
3	37.0%	5	3.7	20	—	—	—	—	4.29
4	40.0%	5	3.6	18	—	—	—	—	4.50
5	42.0%	5	3.0	12	—	—	—	—	5.20
6	0.1%	5	4.7	35	—	—	—	—	3.08
7	0.1%	5	5.2	45	—	—	—	—	2.98
8	37.0%	2	3.7	20	0.1%	1	4.7	35	4.34
9	37.0%	2	3.7	20	0.1%	5	5.2	45	4.30